



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 755 900 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
29.01.1997 Patentblatt 1997/05

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: C03B 19/14, C03B 37/014,  
F23D 14/58, F23D 14/32,  
F23D 14/22

(21) Anmeldenummer: 96110345.4

(22) Anmeldetag: 27.06.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

(30) Priorität: 27.07.1995 DE 19527451

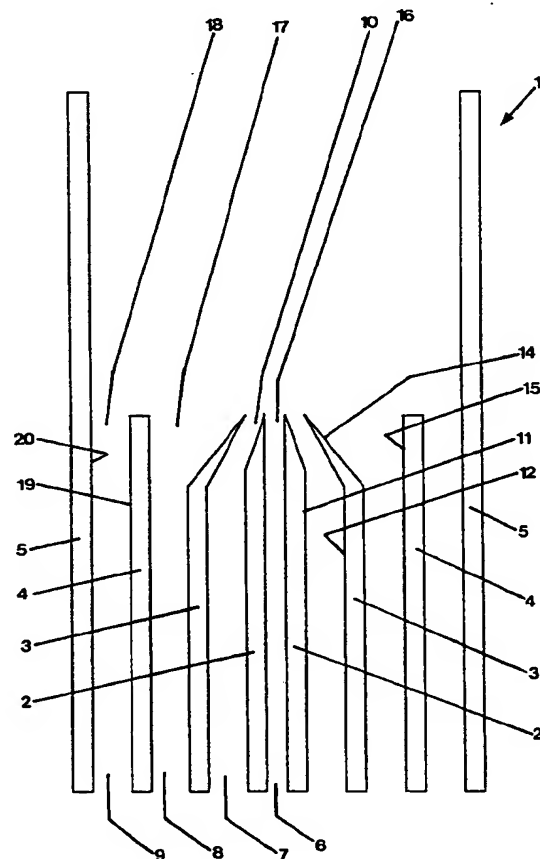
(71) Anmelder: Heraeus Quarzglas GmbH  
D-63450 Hanau (DE)

(72) Erfinder:  
• Ruppert, Klaus, Dr.  
63477 Maintal (DE)  
• Steinkohl, Anton  
63584 Gründau (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Quarzglasrohlings durch Abscheidung aus der Gasphase**

(57) Um ausgehend von bekannten Verfahren zur Herstellung eines Quarzglasrohlings bekannt, bei denen durch Umsetzung eines gasförmigen siliziumhaltigen Glasausgangsmaterials in einer Brenngasflamme zu  $\text{SiO}_2$ , unter Verwendung eines mehrdüsigigen Brennerkopfes, durch den in einem zentralen Bereich das Glasausgangsmaterial und in einem den zentralen Bereich umgebenden äußeren Bereich das Brenngas geleitet, daraus in einer Reaktionszone in der Nähe des Brennerkopfes feine  $\text{SiO}_2$ -Sootpartikel gebildet und diese auf einem Träger unter Aufbau eines porösen Sootkörpers abgeschieden werden, der anschließend gesintert wird, den Dichteverlauf innerhalb des Sootkörpers bei gleichbleibend hoher Effizienz der Abscheidung zu optimieren, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß während des Sootkörper-Aufbaus der Brenngasstrom zur Erzielung eines gewünschten radialen oder axialen Dichteverlaufes des Sootkörpers variiert wird, und daß zur Trennung des Glasausgangsmaterials und dem Brenngas im Bereich des Brennerkopfes bis zur Reaktionszone, zwischen dem Brenngasstrom und dem Strom des Glasausgangsmaterials ein Trenngasstrom vorgesehen ist. Bei einer hierfür geeigneten Vorrichtung, die einen hohen Umsetzungsgrad gewährleistet und auf Änderungen der Verfahrensparameter relativ unempfindlich reagiert, ist ein Brennerkopf vorgesehen, der eine zentrale, rohrförmige Mitteldüse (6) und mehrere, koaxial zur Mitteldüse angeordnete Ringdüsen (8,9) aufweist, wobei zwischen der Mitteldüse (6) und den Ringdüsen (8,9) eine ringförmige Trenngasdüse (7) vorgesehen ist, die eine innere (11) und eine äußere (12), im radialen Querschnitt kreisförmige Begrenzungswand aufweist, wobei mindestens die äußere Begrenzungswand (12) in einem Bereich von unterhalb der Düsenöffnung (10) bis zur Düsenöffnung (10) schräg in Richtung auf die Mittel-

düse (6) verläuft.



EP 0 755 900 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Quarzglasrohrlings durch Umsetzung eines gasförmigen siliziumhaltigen Glasausgangsmaterials in einer Brenngasflamme zu  $\text{SiO}_2$ , unter Verwendung eines mehrdüsigigen Brennerkopfes, durch den in einem zentralen Bereich das Glasausgangsmaterial und in einem den zentralen Bereich umgebenden äußeren Bereich das Brenngas geleitet, daraus in einer Reaktionszone in der Nähe des Brennerkopfes feine  $\text{SiO}_2$ -Sootpartikel gebildet und diese auf einem Träger unter Aufbau eines porösen Sootkörpers abgeschieden werden, der anschließend gesintert wird.

Ein derartiges Verfahren ist in der europäischen Patentanmeldung EP-A1 0 146 659 beschrieben. Hierbei werden auf einem waagrecht orientierten und um seine horizontale Längsachse rotierenden Graphitstab feine  $\text{SiO}_2$ -Sootpartikel abgeschieden. Die Sootpartikel werden gebildet aus organischen siliziumhaltigen Verbindungen durch Flammenhydrolyse in einer Sauerstoff-Wasserstoff-Flamme. In einem Ausführungsbeispiel wird hierzu die siliziumhaltige organische Verbindung zusammen mit einem Dotiermittel und mit Fluor sowie mit Argon und Sauerstoff der zentralen Düse eines mehrdüsigigen Brennerkopfes zugeführt. Die zentrale Mitteldüse ist von mehreren, coaxial zu der Mitteldüse angeordneten Ringdüsen umgeben. Durch die erste Ringdüse wird dem Brennerkopf ein Argon-Sauerstoff-Gasgemisch und durch die zweiten und dritten Düsen die Brennergase Wasserstoff und Sauerstoff zugeführt.

Die  $\text{SiO}_2$ -Sootpartikel werden in einer vom Brennerkopf beabstandeten Reaktionszone gebildet. Der Beginn der Reaktionszone ist durch den Umschlag von blauer Flammenfarbe in weiße Flammenfarbe leicht zu erkennen. Der Abstand der Reaktionszone von der Brennermündung hängt in erster Linie von den Strömungsgeschwindigkeiten der aus dem Brennerkopf austretenden Gase und von der Flammentemperatur ab. Bei zu geringem Abstand schlagen sich  $\text{SiO}_2$ -Sootpartikel auf dem Brennermund nieder und verstopfen so die Düsenöffnungen. Andererseits ist für eine möglichst vollständige Umsetzung des Glasausgangsmaterials eine bestimmte Mindestdauer der Umsetzung und damit eine bestimmte Mindestlänge der Reaktionszone erforderlich. Das bedeutet, daß der Beginn der Reaktionszone auch in einem ausreichend großen Abstand von der Oberfläche des sich bildenden Sootkörpers liegen muß. Die Effizienz der Abscheidung ist optimal, wenn die Länge der Reaktionszone so gewählt ist, daß die Umsetzung des Glasausgangsmaterials in der Nähe der Oberfläche des Sootkörpers vollständig erfolgt ist.

Üblicherweise wird der Abstand des Brennerkopfes von der Oberfläche des sich bildenden Sootkörpers konstant gehalten und der Brennerkopf mit zunehmendem Durchmesser des Sootkörpers entsprechend weg bewegt.

Mit zunehmender Oberfläche des Sootkörpers nimmt die Wärmeabstrahlung und die Wärmeabfuhr durch Konvektion zu. Der großvolumige Sootkörper kühlt dadurch im Vergleich zum kleinvolumigen Sootkörper relativ schnell aus. Infolgedessen nimmt die Dichte des Sootkörpers in radialer Richtung von innen nach außen ab. Diese kann sich auf die Eignung des Sootkörpers für die Herstellung optischer Bauteile, wie beispielsweise optischer Fasern für die Nachrichtentechnik nachteilig auswirken. Durch eine Verringerung des Brennerabstandes zur Sootkörperoberfläche könnte zwar die Temperaturabsenkung verhindert werden; jedoch würde dadurch die Effizienz der Abscheidung aus den oben dargelegten Gründen verringert.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem bei gleichbleibend hoher Effizienz der Abscheidung der Dichteverlauf innerhalb des Sootkörpers optimiert werden kann.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung mit einem Brennerkopf, der eine zentrale, rohrförmige Mitteldüse für die Zufuhr von Glasausgangsmaterial, mehrere, coaxial zur Mitteldüse angeordnete Ringdüsen für die Zufuhr von Brenngasen aufweist, wobei zwischen der Mitteldüse und den Ringdüsen eine ringförmige Trenngasdüse, die eine innere und eine äußere, im radialen Querschnitt kreisförmige Begrenzungswand aufweist.

Eine derartige Vorrichtung ist ebenfalls aus der EP-A1 0 146 659 bekannt. Der bekannte Brenner besteht aus Quarzglas. Er weist eine rohrförmige Mitteldüse für die Zufuhr von Glasausgangsmaterial und drei coaxial zur Mitteldüse angeordnete Ringdüsen auf, wovon die beiden äußeren Ringdüsen für die Zufuhr von Sauerstoff und die Zufuhr von Wasserstoff für die Brennergasflamme vorgesehen sind. Zwischen den ringförmigen Brenngasdüsen und der Mitteldüse ist eine weitere ringförmige Düse vorgesehen, die zur Zufuhr eines Sauerstoff-Argon-Gemisches dient.

Bei optimaler Einstellung der Gasströme bei dem bekannten Brenner sind hohe Abscheideraten erzielbar. Es hat sich aber gezeigt, daß der Brenner auf Änderungen der Strömungsbedingungen empfindlich reagiert und in diesen Fällen die Abscheiderate sinkt.

Der Erfindung liegt daher weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Herstellung eines gasförmigen siliziumhaltigen Glasausgangsmaterials anzugeben, die einen hohen Umsetzungsgrad gewährleistet und auf Änderungen der Verfahrensparameter relativ unempfindlich reagiert.

Die Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens wird ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß während des Sootkörper-Aufbaus der Brenngasstrom zur Erzielung eines gewünschten radialen oder axialen Dichteverlaufes des Sootkörpers variiert wird, und daß zur Trennung des Glasausgangsmaterials und dem Brenngas im Bereich des Brennerkopfes bis zur Reaktionszone, zwi-

schen dem Brenngasstrom und dem Strom des Glasausgangsmaterials ein Trenngasstrom vorgesehen ist.

Von den Erfindern wurden umfangreiche Versuche mit dem Ziel durchgeführt, einen gewünschten radialen Dichteverlauf des Sootkörpers, üblicherweise ist dies ein homogener Dichteverlauf über die Wandstärke des Sootkörpers zu erreichen. Hierzu wurde zunächst, wie eingangs bereits erläutert, versucht, die relative Abkühlung des größer werdenden Sootkörpers dadurch zu kompensieren, daß der Brenner bzw. die Brenner näher an die Oberfläche des Sootkörpers herangeführt wurden. Es stellte sich aber heraus, daß hierdurch die Reaktionszone verkürzt, die vollständige Oxidation des gasförmigen Glasausgangsmaterials verhindert und der Umsetzungsgrad und die Abscheiderate dadurch verringert wurden.

Weiterhin wurde versucht, mit zunehmendem Durchmesser des Sootkörpers zwar den Abstand zwischen dessen Oberfläche und dem Brenner bzw. mehreren Brennern gleichzuhalten, jedoch zur Aufrechterhaltung einer ausreichend hohen Temperatur im Verlauf der Sootkörper-Abscheidung den Brenngasstrom zu erhöhen. Es zeigte sich aber, daß aufgrund der dann erforderlichen höheren Strömungsgeschwindigkeiten der Brennergase der Beginn der Reaktionszone in Richtung auf die Sootkörper-Oberfläche verlagert, und somit auch hierdurch die Reaktionszone verkürzt und der Umsetzungsgrad und die Abscheiderate verringert wurden.

In weiteren Versuchen wurde überraschenderweise gefunden, daß sich der Brenngasstrom bzw. die Brennergasströme in einem weiten Rahmen variieren lassen ohne die Reaktionszone zu verschieben oder zu verkürzen, wenn zwischen dem Brenngasstrom und dem Strom des Glasausgangsmaterials ein Trenngasstrom vorgesehen ist. Der Trenngasstrom macht somit die Lage und die Länge der Reaktionszone in weitem Umfang unabhängig von der Art und der Menge der Brennergase.

Zu der Funktion des Trenngasstromes, die Länge und Lage der Reaktionszone zu stabilisieren, gehört es, eine frühzeitige Umsetzung des Glasausgangsmaterials mit den Brenngasen im Bereich des Brennerkopfes zu verhindern und diese Umsetzung in den Bereich der Reaktionszone zu verlagern. Die Strömungsgeschwindigkeit des Trenngasstromes ist daher so zu wählen, daß dieser den Strom der Glasausgangsmaterialien in der Nähe der Brennerkopfes vollständig von den Brenngasen abschirmt. Dadurch ist es möglich, den Brennergasstrom oder die Brennergas-Ströme zu variieren, ohne daß der Strom des Glasausgangsmaterials davon merklich beeinflußt wird. Damit der Trenngasstrom auf diese Weise wirkt, ist seine Strömungsgeschwindigkeit genügend groß einzustellen. Die erforderliche Strömungsgeschwindigkeit hängt von den übrigen Gasströmen ab, kann aber anhand weniger Versuche vom Fachmann leicht ermittelt werden. Als Anhaltspunkt für eine ausreichend hohe Strömungsgeschwindigkeit dient der Abstand der Reaktionszone vom Brenner-

mund. Dieser sollte mindestens 3 mm, günstiger sind mindestens 5 mm, betragen, damit eine frühzeitige Durchmischung des Trenngasstromes mit den Brenngasen vermieden wird. Der Trenngasstrom kann dabei aus einer oder aus mehreren Brenner-Düsen bereitgestellt werden.

Die Erfindung ermöglicht es somit erstmals, in einem ersten Verfahrensschritt für die jeweiligen Glasausgangsmaterialien, Brennergase und Gasströme die optimale Länge der Reaktionszone zu ermitteln und in einem zweiten Verfahrensschritt, beispielsweise durch Variation während der Soot-Abscheidung, die Brennergase so einzustellen, daß die gewünschte Temperatur auf der Sootkörper-Oberfläche und damit der gewünschte radiale Dichteverlauf innerhalb des Sootkörpers erzielt wird.

Unter dem Ausdruck "Reaktionszone" wird dabei derjenige Bereich zwischen dem Brennerkopf und der Oberfläche des Sootkörpers verstanden, in dem eine Oxidation des gasförmigen Glasausgangsmaterials stattfindet und dessen Beginn durch den Farbumschlag der Brenner-Flamme von blau auf weiß gekennzeichnet ist. Je nach Abscheideverfahren handelt es bei der "Oberfläche des Sootkörpers" um die Mantelfläche eines Zylinders (OVD-Verfahren) oder um die Stirnfläche eines Zylinders (VAD-Verfahren).

Die Brenngase stellen die Energie für die Umsetzung des gasförmigen Glasausgangsmaterials in  $\text{SiO}_2$ -Sootpartikel zur Verfügung. Üblicherweise handelt es sich bei den Brenngasen um Wasserstoff und Sauerstoff, die durch zwei räumlich voneinander getrennte Düsen der Reaktionszone zugeführt werden.

Als besonders vorteilhaft hat es sich ein Verfahren erwiesen, bei der der Brenngasstrom aus mindestens einer Brenngasdüse turbulent austritt. Aufgrund der Turbulenz des Brenngasstromes wird ein laminarer oder nur wenig turbulenter Trenngasstrom kaum beeinflußt und sogar stabilisiert.

Vorteilhafterweise wird dabei der Trenngasstrom innerhalb des Brennerkopfes in Richtung auf die Reaktionszone fokussiert. Die Fokussierung kann durch eine geeignete Gasführung des Trenngasstromes im Bereich des Brennermundes erreicht werden. Beispielsweise können die Düsen-Begrenzungswände nach innen geneigt sein und/oder sie können sich nach außen konisch verjüngen. Durch die Fokussierung des Trenngasstromes wird eine stabile Gasführung erreicht und eine frühzeitige Vermischung des Trenngasstromes mit den Brenngasen und damit eine Umsetzung des Glasausgangsmaterials mit den Brenngasen, insbesondere mit Wasserstoff und Sauerstoff im Bereich des Brennerkopfes verhindert. Die Fokussierung trägt auch zur Stabilisierung der Gasströmungen insgesamt bei und erleichtert so die Aufrechterhaltung von Lage und Länge der Reaktionszone. Dadurch wird auch die Energie des Brenngasstromes gebündelt und ein seitliches Abstrahlen der Reaktionswärme vermindert.

Besonders bewährt hat sich ein Verfahren, bei dem der Brenngasstrom während des Sootkörper-Aufbaus

fortlaufend erhöht wird. Durch die fortlaufende Erhöhung des Brenngasstromes kann der relative Temperaturabfall des Sootkörpers mit zunehmender Dicke ausgeglichen werden, so daß, falls gewünscht, ein homogener radialer Dichteverlauf innerhalb des Sootkörpers eingestellt werden kann. Dabei gewährleistet das erfindungsgemäße Verfahren, daß die Effektivität der Abscheidung der Sootpartikel nicht verringert wird.

Als Glasausgangsmaterial hat sich  $\text{SiCl}_4$  als besonders geeignet erwiesen. Vorteilhafterweise wird dem Glasausgangsmaterial als Trägergas Sauerstoff beige-  
mischt. Die Beimischung des Trägergases hat den Vorteil, daß Änderungen des  $\text{SiCl}_4$ -Anteils im Gasstrom durch eine entsprechende Änderung des Trägergas-Anteils kompensiert werden können und die Strömungs-  
geschwindigkeit des Gasstromes daher insgesamt konstant gehalten werden kann. Der Sauerstoff reagiert in der Reaktionszone mit dem Glasausgangsmaterial unter Bildung von  $\text{SiO}_2$ . Es hat sich eine Ver-  
fahrensweise bewährt, bei der das Glasausgangsmaterial aus dem Brennerkopf durch eine zentrale rohr-  
förmige Mitteldüse und das Trenngas durch eine konzentrisch zur Mitteldüse angeordnete Ringdüse austritt. Bei dieser Verfahrensweise umschließt der Trenngas-  
strom den Strom des Glasausgangsmaterials vollständig und gewährleistet eine vollständige Trennung vom Brenngasstrom im Bereich des Brennerkopfes.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, während des Sootkörper-Aufbaus den Strom des Glasausgangsmaterials konstant zu halten. Dies erleichtert das Einhalten einer konstanten Abscheiderate und eines homogenen Dichteverlaufes.

Dazu trägt auch bei, während des Sootkörper-Aufbaus den Trenngasstrom, den Abstand des Brennerkopfes von der Oberfläche des sich bildenden Sootkörpers und den Abstand der Reaktionszone von der Oberfläche des sich bildenden Sootkörpers konstant zu halten.

Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, den Beginn der Reaktionszone vom Brennerkopf auf einen Wert im Bereich von 5 mm bis 10 mm einzustellen. Der Mindestabstand von 5 mm verhindert die Abscheidung von Sootkörper-Partikeln auf den Brennerkopf. Bei einem Abstand von mehr als 10 mm wird die Reaktionszone unnötig verkürzt.

Hinsichtlich der Vorrichtung wird die oben genannte Aufgabe ausgehend von der eingangs beschriebenen Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Trenngasdüse in einem Bereich von unterhalb der Düsenöffnung bis zur Düsenöffnung schräg in Richtung auf die Mitteldüse verläuft.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird, wie oben näher erläutert, die Trenngasdüse für die Zufuhr eines Trenngases verwendet, der den Strom der Glasausgangsmaterialien von dem Brenngas-Strom trennt, und zwar unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit des Brenngas-Stromes. Dadurch, daß die Trenngasdüse in einem Bereich von unterhalb der Düsenöffnung bis zur Düsenöffnung schräg in Richtung

auf die Mitteldüse verläuft, wird eine Fokussierung und Stabilisierung der Gasströmung des Trenngases erreicht und damit die Abschirmung des Stromes der Glasausgangsmaterialien von den Brenngasen erleichtert. Die Gasführung des Trenngasstromes stabilisiert die Gasströmung im Bereich des Brennerkopfes insgesamt, was sich insbesondere bei sehr hohen und sehr niedrigen Brenngasströmen bemerkbar macht. Dadurch ist die Abscheidung der Sootpartikel leichter kontrollierbar und der gewünschte Dichteverlauf einfacher einstellbar.

Besonders bewährt hat sich eine Vorrichtung, bei der sich die Trenngasdüse in einem Bereich von unterhalb der Düsenöffnung bis zur Düsenöffnung hin konisch verjüngt. Die konische Verjüngung der Trenngasdüse im Bereich der Düsenöffnung bewirkt eine Fokussierung des Trenngasstromes im Bereich der Reaktionszone, wie sie oben anhand der Beschreibung des Verfahrens bereits erläutert worden ist.

Im Hinblick auf einen stabilen Trenngasstrom ist es besonders vorteilhaft, mindestens eine Brenngasdüse als Diffusor auszubilden. Der Diffusor kann auf den in der Strömungstechnik dafür allgemein bekannten Bauprinzipien beruhen. Wesentlich ist, daß dadurch eine turbulente Brenngasströmung erzeugt wird, die den Trenngasstrom nicht oder wenig beeinflusst.

Besonders bewährt hat sich eine Ausführungsform der Vorrichtung, bei der eine innere ringförmige Brenngasdüse vorgesehen ist, deren Öffnungsquerschnitt sich in einem Bereich von unterhalb der Düsenöffnung bis zur Düsenöffnung hin erweitert. Durch diese Erweiterung wirkt die Düse als Diffusor, so daß der Turbulenzgrad des aus der Brenngasdüse austretenden Brenngasstromes im Bereich der Düsenöffnung stark zunimmt. Dadurch ist gewährleistet, daß der im Brennerkopf weiter innen austretende Trenngasstrom wenig beeinflusst wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist eine äußere ringförmige Brenngasdüse vorgesehen, die eine innere und eine äußere Begrenzungswand aufweist, wobei die äußere Begrenzungswand von der Düsenöffnung aus über die innere Begrenzungswand hinaus verlängert ist. Die Verlängerung der äußeren Begrenzungswand dient ebenfalls der Verbesserung der Gasführung. Sie verhindert eine frühzeitige Verbreiterung und Defokussierung der Gasströme, insbesondere der Brenngasströme. Es wird ein Bündelung der Energie der Brenngase erreicht und das seitliche Abstrahlen der Reaktionswärme verringert. Dies erhöht die Effektivität der Abscheidung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt den Brennermund eines erfindungsgemäßen Brenners in einem Längsschnitt.

Der Brennermund, dem insgesamt die Bezugsziffer 1 zugeordnet ist, besteht aus insgesamt 4 koaxial zueinander angeordneten Brennerrohren 2, 3, 4, 5 aus Quarzglas. Das zentrale Brennerrohr 2 umschließt die

Mitteldüse 6, zwischen dem zentralen Brennerrohr 2 und dem benachbarten Brennerrohr 3 ist die Brenngasdüse 7 ausgebildet, das Brennerrohr 3 und das Brennerrohr 4 umschließen die Ringdüse 8 und das Brennerrohr 4 und das Außenrohr 5 die Außendüse 9.

Im Bereich der Düsenöffnung 10 knickt die ringförmige Trenngasdüse 7 in Richtung auf die Mitteldüse 6 ab. Gleichzeitig verjüngt sich der Öffnungsquerschnitt der Düse in diesem Bereich kontinuierlich. Dies wird dadurch erreicht, daß sowohl die innere Begrenzungswand 11 als auch die äußere Begrenzungswand 12 der Trenngasdüse 7 in dem Bereich der Düsenöffnung 10 in einem stumpfen Winkel in Richtung auf die Mitteldüse 6 abknicken, wobei dieser Winkel bei der äußeren Begrenzungswand 12 steiler ausgebildet ist als bei der inneren Begrenzungswand 11.

Der Öffnungsquerschnitt der Ringdüse 8 erweitert sich im Bereich der Düsenöffnung 17. Dies wird dadurch erreicht, daß im Bereich der Düsenöffnung 17 die innere Begrenzungswand 14 schräg in Richtung auf die Mitteldüse 6 verläuft und sich dabei von der äußeren Begrenzungswand 15, in Richtung auf die Düsenöffnung 13 gesehen, kontinuierlich entfernt.

Das Außenrohr 5 ist über den Bereich der Düsenöffnungen 10, 16, 17 und 18 hinaus verlängert. In der Figur ist der inneren Begrenzungswand der Düse 9 die Bezugsziffer 19 und der äußeren Begrenzungswand der Düse 9 die Bezugsziffer 20 zugeordnet.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel stehen die maximalen Öffnungsquerschnitte der Mitteldüse 6, der Trenngasdüse 7, der Ringdüse 8 und der Außendüse 9 in der Reihenfolge ihrer Nennung im Verhältnis von 1:1,5:30:2 zueinander.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand des in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Durch die Mitteldüse 6 werden  $\text{SiCl}_4$  und Sauerstoff, durch die Trenngasdüse 7 Sauerstoff, durch die Ringdüse 8 Wasserstoff und durch die Außendüse 9 Sauerstoff geleitet, wobei die genannten Gasströme in der Reihenfolge ihrer Nennung in einem Mengenverhältnis von 0,7:0,7:10:3 zueinander stehen.

Der durch die Trenngasdüse 7 geleitete Sauerstoff-Trenngasstrom ist gerade so bemessen, daß eine Abscheidung von  $\text{SiO}_2$  an den Düsenöffnungen 10 bzw. 16 verhindert wird. Er ist hierzu auf den aus der Mitteldüse 6 austretenden Si-haltigen Gasstrom so abgestimmt, daß die Umsetzung von  $\text{SiCl}_4$  zu  $\text{SiO}_2$  etwa 7 mm von den Düsenöffnungen 10 bzw. 16 entfernt einsetzt. Dort liegt der Beginn der Reaktionszone, die sich bis zur Abscheidefläche auf einem Träger (in der Figur nicht dargestellt) fortsetzt. Durch diese Gasführung ist gewährleistet, daß die Umsetzung von  $\text{SiCl}_4$  zu  $\text{SiO}_2$  möglichst kurz nach dem Austreten der Gase aus den Düsenöffnungen 10 bzw. 16 beginnt und die Reaktionszone dadurch möglichst lang ist.

Hierzu trägt die besondere Gasführung durch den konischen Auslauf der Düsenöffnung 10 der Trenngasdüse 7 bei. Dadurch wird eine Fokussierung des Trenn-

gas-Stromes und eine besondere wirksame Abschirmung der aus den Düsenöffnungen 17 und 18 austretenden Brenngasströme von dem Si-haltigen Gasstrom erreicht. Die Abschirmung wird weiterhin durch die Erweiterung der Ringdüse 8 im Bereich der Düsenöffnung 17 verbessert. Dieser Bereich wirkt strömungstechnisch als sogenannter "Diffusor". Das bedeutet, daß der durch die Ringdüse 8 eingeleitete Wasserstoff-Gasstrom im oberen Bereich 17 der Ringdüse 8 turbulent wird und dadurch den fokussierten Trenngas-Strom und somit die Abschirmung kaum beeinträchtigt.

Zur Abschirmung des Brennergas-Stromes trägt weiterhin die Ausbildung der Außendüse 9 bei. Auch der durch die Außendüse 9 eingeleitete Sauerstoff-Gasstrom wird im Bereich der Düsenöffnung 18 turbulent. Dabei vermischt er sich ideal mit dem aus der Ringdüse 8 austretenden Wasserstoff-Gasstrom, wobei er jedoch den fokussierten, durch die Trenngasdüse 7 geleiteten Trenngas-Strom nicht zu beeinträchtigen vermag. Aufgrund dieser Gasführung wird eine optimale Abschirmung des durch die Mitteldüse 6 eingeleiteten Glasausgangsmaterials von den durch die Ringdüse 8 und die Außendüse 9 eingeleiteten Brenngasen gewährleistet. Dies erlaubt eine Variation der Brenngase in einem gewissen Rahmen, ohne dadurch den Strom des Glasausgangsmaterials zu verändern bzw. den Beginn und die Lage der Reaktionszone zu verschieben. Dadurch ist es möglich, den Brenngas-Strom im Verlaufe der Sootabscheidung auf einen Trägerkörper beispielsweise so zu variieren, daß die durch ihn erzeugte Temperatur kontinuierlich zunimmt und dadurch die Dichte des sich bei der Abscheidung aufbauenden Sootkörpers variiert und - im Normalfall - konstant gehalten werden kann.

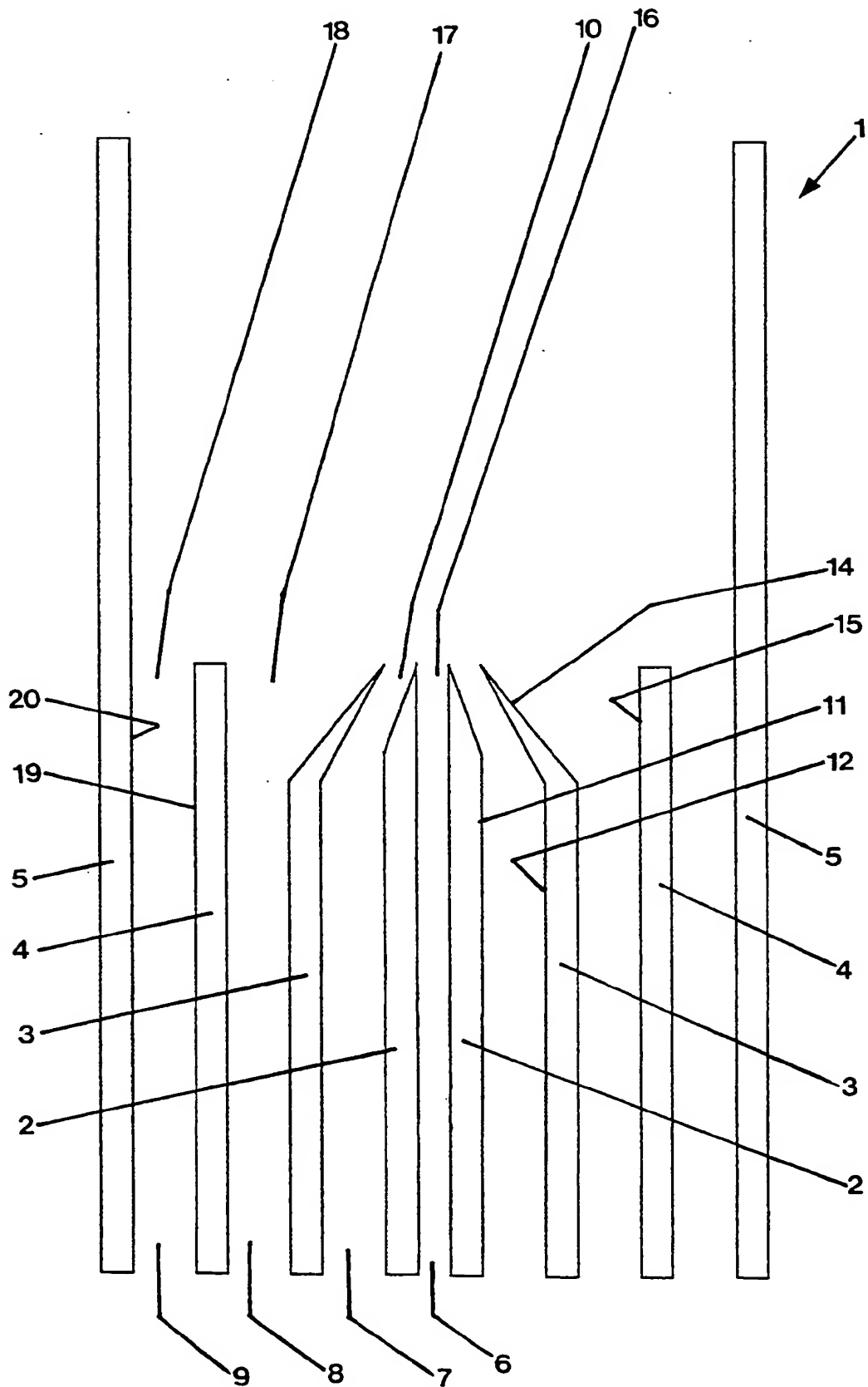
## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglasrohrlings durch Umsetzung eines gasförmigen siliziumhaltigen Glasausgangsmaterials in einer Brenngasflamme zu  $\text{SiO}_2$ , unter Verwendung eines mehrdüsigigen Brennerkopfes, durch den in einem zentralen Bereich das Glasausgangsmaterial und in einem den zentralen Bereich umgebenden äußeren Bereich das Brenngas geleitet, daraus in einer Reaktionszone in der Nähe des Brennerkopfes feine  $\text{SiO}_2$ -Sootpartikel gebildet und diese auf einem Träger unter Aufbau eines porösen Sootkörpers abgeschieden werden, der anschließend gesintert wird, dadurch gekennzeichnet, daß während des Sootkörper-Aufbaus der Brenngasstrom zur Erzielung eines gewünschten radialen oder axialen Dichteverlaufes des Sootkörpers variiert wird, und daß zur Trennung des Glasausgangsmaterials und dem Brenngas im Bereich des Brennerkopfes (1) bis zur Reaktionszone, zwischen dem Brenngasstrom und dem Strom des Glasausgangsmaterials ein Trenngasstrom vorgesehen ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Brenngasstrom aus mindestens einer Brenngasdüse (8; 9) turbulent austritt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Trenngasstrom innerhalb des Brennerkopfes (1) derart geführt wird, daß er in Richtung auf den Bereich der Reaktionszone fokussiert wird. 5
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Brenngasstrom während des Sootkörper-Aufbaus fortlaufend erhöht wird. 10
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Trenngasstrom Sauerstoff, Argon oder Stickstoff enthält. 15
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Glasausgangsmaterial  $\text{SiCl}_4$  eingesetzt wird. 20
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glasausgangsmaterial aus dem Brennerkopf (1) durch eine zentrale rohrförmige Mitteldüse (6) und das Trenngas durch eine konzentrisch zur Mitteldüse angeordnete Ringdüse (7) austritt. 25
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Sootkörper-Aufbaus der Strom des Glasausgangsmaterials konstant gehalten wird. 35
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Sootkörper-Aufbaus der Trenngasstrom konstant gehalten wird. 40
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand des Brennerkopfes (1) von der Oberfläche des sich bildenden Sootkörpers konstant gehalten wird. 45
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Reaktionszone von der Oberfläche des sich bildenden Sootkörpers konstant gehalten wird. 50
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Reaktionszone vom Brennerkopf auf einen Wert im Bereich von 5 mm bis 10 mm eingestellt wird. 55
13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Brennerkopf, der eine zentrale, rohrförmige Mittel-

düse für die Zufuhr von Glasausgangsmaterial und mehrere, koaxial zur Mitteldüse angeordnete Ringdüsen für die Zufuhr von Brenngasen aufweist, wobei zwischen der Mitteldüse und den Ringdüsen eine ringförmige Trenngasdüse vorgesehen ist, die eine innere und eine äußere, im radialen Querschnitt kreisförmige Begrenzungswand aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens die äußere Begrenzungswand (12) in einem Bereich von unterhalb der Düsenöffnung (10) bis zur Düsenöffnung (10) schräg in Richtung auf die Mitteldüse (6) verläuft.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Trenngasdüse (7) sich in einem Bereich von unterhalb der Düsenöffnung (10) bis zur Düsenöffnung (10) hin konisch verjüngt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Brenngasdüse (8) als Diffusor ausgebildet ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine innere ringförmige Brenngasdüse (8) vorgesehen ist, deren Öffnungsquerschnitt sich in einem Bereich von unterhalb der Düsenöffnung (17) bis zur Düsenöffnung (17) hin erweitert.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine äußere ringförmige Brenngasdüse (9) vorgesehen ist, die eine innere Begrenzungswand (19) und eine äußere Begrenzungswand (20) aufweist, wobei die äußere Begrenzungswand (20) von der Düsenöffnung (18) aus über die innere Begrenzungswand (19) hinaus verlängert ist.





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 11 0345

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	EP-A-0 237 183 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.)	1,3-11, 13,14	C03B19/14 C03B37/014
Y	* das ganze Dokument *	2,17	F23D14/58 F23D14/32 F23D14/22
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 129 (C-24), 10.September 1980 & JP-A-55 080732 (KOMATSU DENSHI KINZOKU CO., LTD.), 18.Juni 1980, * Zusammenfassung *	2,17	
X	FR-A-2 333 628 (P.VERGNON ET AL.)	1,5-7,11	
A	* Seite 2, Zeile 25 - Zeile 38; Abbildung 1 *	13	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 50 (C-7), 16.April 1980 & JP-A-55 023068 (NT&T CORP.), 19.Februar 1980, * Zusammenfassung *	1	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 5, no. 16 (C-41), 30.Januar 1981 & JP-A-55 144433 (NT&T CORP. ET AL.), 11.November 1980, * Zusammenfassung *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)  C03B F23D
D,A	EP-A-0 146 659 (SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD.) * Seite 15, Zeile 22 - Seite 17, Zeile 23; Abbildung 2; Tabelle 3 *	1,13	
A	US-A-5 366 531 (H.KOIDE ET AL.) * Spalte 3, Zeile 2 - Zeile 58 *	1,5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenart <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>9.Oktober 1996</b>	Prüfer <b>Stroud, J</b>
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur I : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 150 (12/92) (POM/03)



